

УДК 621.774.01

Л.И. Алиева канд.техн.наук, П. Абхари асс., Е.Н. Бондарева асп.,  
Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск, Украина

## АНАЛИЗ ЗАПОЛНЕНИЯ ПОЛОСТИ ШТАМПА В ПРОЦЕССЕ РАДИАЛЬНОГО ВЫДАВЛИВАНИЯ

*Представлено моделирование процессов радиального выдавливания по различным кинематическим вариантам. Определена зависимость степени заполнения полости штампа при радиальном выдавливании от относительной высоты фланца. Определена схема радиального выдавливания, которая позволяет достичь наибольшую степень заполнения.*

*The simulation of radial extrusion processes with different kinematics of various are considered. The coefficient of filled shape in radial extrusion process is determined with different geometries and dimensions such as the relative height of the flange. Best coefficient of filled shape in schemes of radial extrusion process is defined.*

Процесс радиального выдавливания отличается многовариантностью, обусловленной возможностью активного управления подачей металла в приемную полость посредством регулирования кинематики подвижного деформирующего инструмента. Процесс радиального выдавливания лишен таких недостатков, как образования осевой утяжины при получении низких фланцев на стержне (при прямом выдавливании) или, потеря устойчивости при получении относительно больших фланцев на тонком стержне за один переход (при операции высадки). Это позволяет рекомендовать радиальное выдавливание для изготовления деталей с массивными фланцами и утолщениями различной конфигурации [1–5].

Несмотря на преимущества, процессам радиального выдавливания присущ такой недостаток как незаполнение полости штампа. Из-за этого детали, получаемые радиальным выдавливанием, имеют неправильную форму, в виде гриба при радиальном выдавливании с односторонней подачей. При радиальном выдавливании с двухсторонней подачей фланец в разрезе имеет форму клина. Поэтому фланец на заготовке, который получают радиальным выдавливанием должен быть больше по высоте, чем фланец готового изделия [6–8].

Для того чтобы определить высоту фланца с отклонением формы, которую необходимо получить для изготовления детали с заданными размерами, необходимо определить степень заполнения полости штампа при выдавливании.

Целью данной работы было определение зависимости степени заполнения полости штампа при радиальном выдавливании и установление схемы радиального выдавливания с наилучшим заполнением полости штампа.

Схема радиального выдавливания обладает множеством кинематических вариантов. Поэтому проведено исследование заполнения полости штампа всех вариантов: с односторонней подачей, двухсторонней подачей, последовательной двусторонней с односторонней и последовательной двусторонней подачей (рис. 1).

В программе QForm 2D произведено моделирование процессов радиального выдавливания по различным кинематическим вариантам.

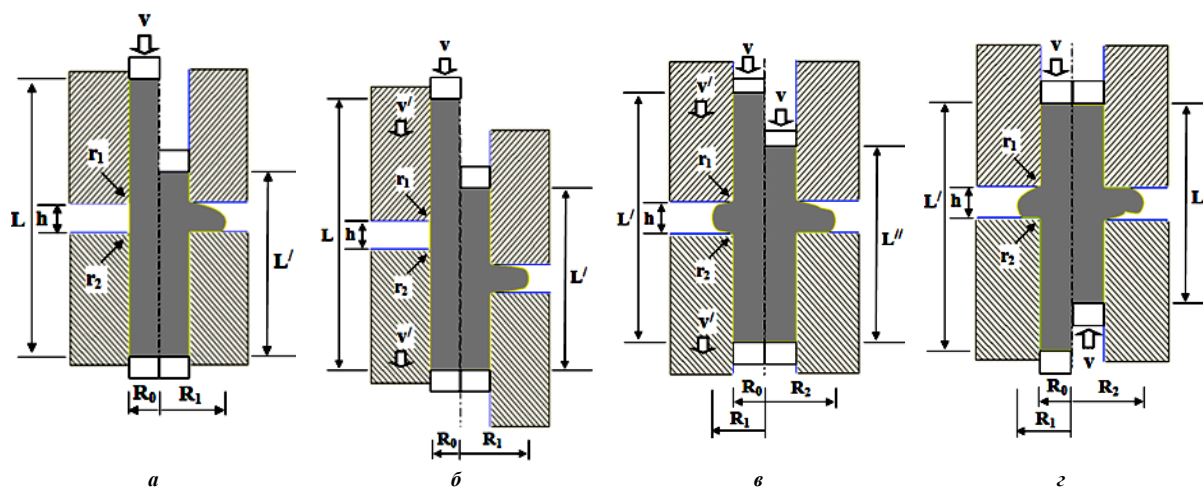


Рис. 1. Схемы расчета для различных кинематических вариантов радиального выдавливания:  
а – с односторонней подачей; б – двухсторонней подачей, в – последовательной двусторонней с односторонней и г  
– последовательной двусторонней подачей ( $h/R_0=1,0$ ;  $h/R_0=0,45$ )

При моделировании процессов радиального выдавливания использовали следующие исходные данные:

- параметры механических свойств: материал заготовки АД31 (кривая истинных напряжений для которого описывается уравнением  $\sigma_s(\varepsilon) = 247\varepsilon^{0,14}$ ), предел текучести  $\sigma_{0,2} = 140$  МПа, модуль Юнга  $E = 78000$  МПа, коэффициент Пуассона  $\nu = 0,3$  и коэффициент трения между материалом заготовки и инструментом  $\mu = 0,05$  (закон Зибеля);

- геометрические параметры процесса:  $R_0$  – радиус заготовки,  $h$  и  $h'$  – высота приемной полости для выдавливаемого фланца,  $r_1$  и  $r_2$  – радиус закругления кромок инструмента,  $L$  – высота заготовки,  $L'$  и  $L''$  – высота деталей,  $R_1$  и  $R_2$  – радиус фланца.

Удобным критерием для оценки отклонений формы утолщения (от правильной цилиндрической) может служить отношение выдавленного объема металла к расчетному объему полости, определенному по максимальному диаметру утолщения. Этот критерий назовем показателем степени заполнения  $\psi$  полости штампа.

В процессе исследования заполнения определялась зависимость показателя  $\psi$  от относительной высоты фланца  $h/R_0$ :

$$\psi = 1,02 - K_H (h/R_0)$$

где  $h$  – высота полости штампа;

$R_0$  – радиус заготовки;

$R_1$  – радиус фланца;

$K_H$  – коэффициент, зависящий от способа подачи металла;

$K_H$  – при последовательной двусторонней подаче  $K_H = 0,08$ ; при последовательной двусторонней и односторонней подаче  $K_H = 0,12$ ; при односторонней подаче  $K_H = 0,16$ ; при двусторонней подаче  $K_H = 0,22$ .

Результаты моделирования представлены в виде искаженных координатных сеток (рис. 2). Результаты моделирования заполнения полости штампа приведены на рис. 3.

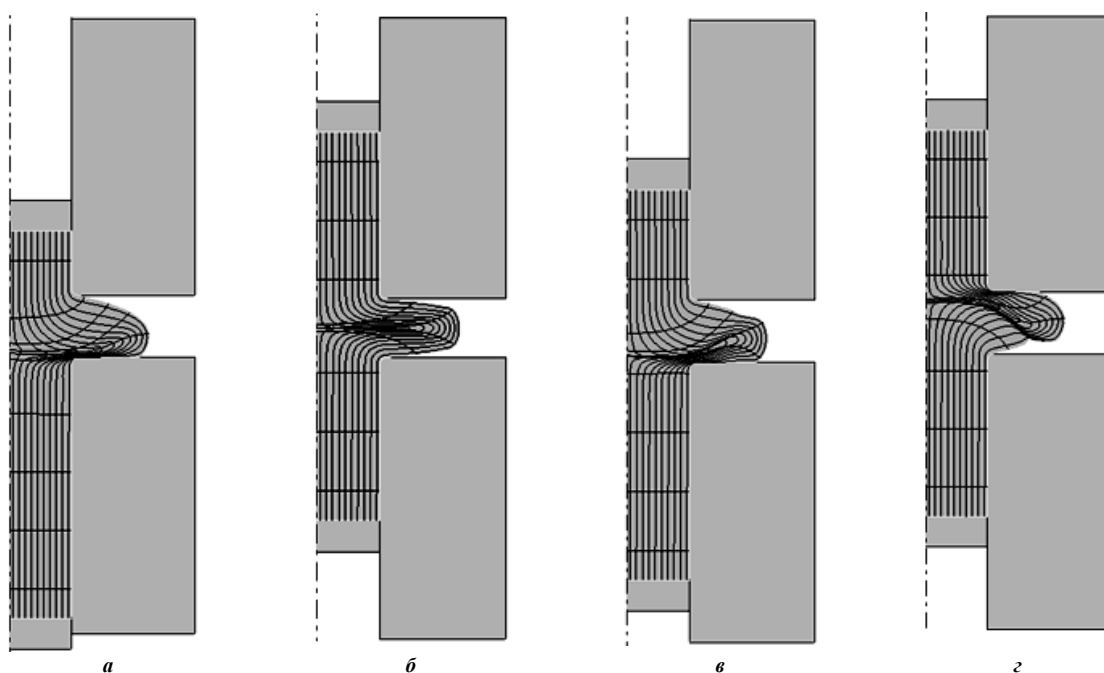


Рис. 2. Схемы искаженных координатных сеток для различных кинематических вариантов радиального выдавливания: а – с односторонней подачей; б – двухсторонней подачей, в – последовательной двусторонней с односторонней и г – последовательной двусторонней подачей ( $h/R_0 = 1,0$ ;  $h/R_0 = 0,45$ )

Установлено, что наибольшая степень заполнения получается при выдавливании по схеме с двухсторонней подачей. Здесь, при росте высоты выдавливаемого фланца  $h/R_0$  от 0,10 до 1,50 показатель  $\psi$  уменьшается с 1,0 до 0,64.

Более благоприятной схемой с точки зрения величины заполнения является схема с последовательной двусторонней и односторонней подачей, здесь, при росте высоты фланца  $h/R_0$  от 0,19 до 1,50 показатель  $\psi$  уменьшается с 1,0 до 0,7.

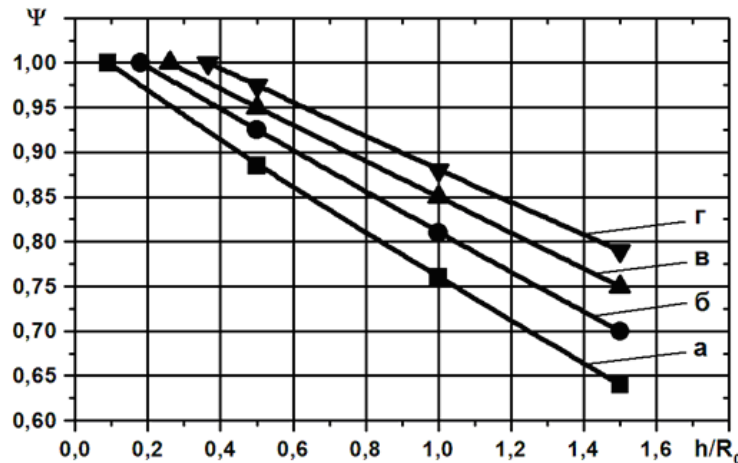


Рис. 3. Залежність ступеня заповнення кругової порожнини при радіальному видавлюванні з двохсторонньої (а), двохсторонньої та односторонньої (б), односторонньої (в) та послідовної двохсторонньої (г) подачі металу

Схема радіального видавлювання з односторонньої подачі має кращі показники, ніж попередня. Так, в досліджуваному діапазоні висот фланців ( $h/R_0 = 0,24 \dots 1,50$ ) показник  $\psi$  зменшується з 1,0 до 0,75.

Найбільшу ступінь заповнення дозволяє досягти схема радіального видавлювання з послідовної двохсторонньої подачі. Тут показник  $\psi$  змінюється від 1,0 до 0,78 при видавлюванні фланців розміром 0,39 до 1,5.

Отже можна рекомендувати останню схему для малоотходного виробництва деталей з фланцем.

Проведено експериментальне дослідження заповнення порожнини штамп при радіальному видавлюванні стержневих деталей з фланцем. Порівняння показує невелике відхилення теорії від експерименту в межах 7% [9].

#### Висновки.

В ході досліджень встановлено, що найменшу ступінь заповнення порожнини при радіальному видавлюванні дозволяє досягти схема радіального видавлювання з послідовної двохсторонньої подачі. Показник  $\psi$  при даній схемі видавлювання змінюється від 1,0 до 0,78 при отриманні фланців розміром 0,39 до 1,5. Це дозволяє рекомендувати схему з двохсторонньої подачі металу для малоотходного виробництва деталей з фланцем.

Порівняння показує невелике відхилення теорії від експерименту в межах 7%.

#### Список літератури.

1. Абхари П. Визначення величини утяжки в процесі радіального видавлювання / П. Абхари // Важке машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку : Матеріали VII міжнародної науково-технічної конференції. – Краматорськ, 2009. – 4 с.
2. Алієва Л.І. Формозмінення в процесі радіального видавлювання високих фланців / Л.І. Алієва, П. Абхари, Я.Г. Жбанков // Вісник ДДМА. – 2009. – № 1(15). – С. 27–32.
3. Алієв І. С. Моделювання процесу радіального видавлювання фланців з застосуванням протидавлення / І. С. Алієв, Я. Г. Жбанков, Е. І. Коцюбівська // Удосконалення процесів і обладнання обробки тиском в металургії і машинобудуванні. Тематичн. зб. наук. пр. – Краматорськ: ДДМА, 2006. – С. 53-58.
4. Алієва Л.І. Прогнозування незаповнення порожнини штамп в процесі радіального видавлювання / Л.І. Алієва, П. Абхари, Я.Г. Жбанков // Вісник ДДМА. – 2009. – №1(4Е). – С. 8–14 – Режим доступу: [http://www.nbu.gov.ua/e-journals/VDDMA/2009\\_1/article/09AISCEP.pdf](http://www.nbu.gov.ua/e-journals/VDDMA/2009_1/article/09AISCEP.pdf).
5. Алієва Л.І. Формоутворення утолщень на полх і сплошних заготовках / Л.І. Алієва, Р.С. Борисов // Удосконалення процесів і обладнання обробки тиском в металургії і машинобудуванні: Тематичн. зб. наук. пр. – Краматорськ-Слов'янськ: ДДМА, 2003. – С. 262-267.
6. Оцінка деформованості заготовок при радіальному видавлюванні з протидавленням / Е.І. Коцюбівська, І.О. Сивак, Л.І. Алієва, С.В. Куценко // Обробка металів тиском. Збірник наукових праць. – Краматорськ: ДГМА, 2008. – № 1(19). – С. 29–33.
7. Ігнатенко В. Н. Застосування холодної об'ємної штамповки в заготовничому виробництві / В. Н. Ігнатенко // Обробка металів тиском. Збірник наукових праць. – Краматорськ: ДГМА, 2008. – № 1(19). – С. 168–170.
8. Алієва Л.І. Дослідження процесів радіального видавлювання методом кінцевих елементів / Л.І. Алієва, П. Абхари, Я.Г. Жбанков // Обробка матеріалів тиском: Збірник наукових праць. – Краматорськ: ДГМА, 2009. – № 1 (20). – С. 19–24.
9. Алієва Л. І. Прогнозування незаповнення порожнини штамп в процесі радіального видавлювання / Л. І. Алієва, П. Абхари, Я. Г. Жбанков // Вестник ДГМА. – 2009. – № 1(4Е). – С. 8–14 – Режим доступу: [http://www.nbu.gov.ua/e-journals/VDDMA/2009\\_1/article/09AISCEP.pdf](http://www.nbu.gov.ua/e-journals/VDDMA/2009_1/article/09AISCEP.pdf).